

Bastionder in 's-Hertogenbosch zit vol uitdagingen

Aaibaar beton

Het is net alsof een stuk maaiveld is opgetild. In werkelijkheid vormt het schuinoplopende deel van het park Bastion Oranje het dak van het 'Bastionder', het bezoekerscentrum op het mooiste bastion van de vestingwerken van 's-Hertogenbosch. Het is een prachtig kleinschalig werk waarin nagenoeg alle uitdagingen zijn aangegaan die schoon beton in zich heeft.

ir. Robert Peters

Advies- en Ingenieursbureau
Van de Laar B.V.

ir. Marlène van Gessel

Van Roosmalen Van Gessel
Architecten E.P. Delft

De aanleiding voor het bezoekerscentrum Bastionder vormt het middeleeuwse kanon Stuer Gewalt dat tegen weer en wind moest worden beschermd. De ligging is bepaald door een herontdekt stuk stadsmuur en rondeel.

Ontwerp

Om het rondeel en de muur zichtbaar te maken, ligt het Bastionder 4 m onder het huidige maaiveld, op het middeleeuwse niveau. De ontstane ruimte wordt aan één zijde begrensd door de oorspronkelijke stadsmuur. Alle andere wanden zijn uitgevoerd in schoon beton met een zandgele kleur die is verkregen door toevoeging van pigment.

De wanden zijn schuingeplaatst (foto 2). Enerzijds om de binnenruimte zo groot mogelijk te laten lijken, anderzijds om de snede in het maaiveld te beperken en daarmee een aantal monumentale bomen en het park te behouden. Aan de bovenzijde wordt de ruimte begrensd door een uitkragend kelderdek en deels door een

naar boven toe oplopend dak, waardoor een vide ontstaat (fig. 3). Dit dak manifesteert zich als een schuinopgetild stuk gras, aan de uiteinden afgewerkt met cortenstaal. Het dak, schijnbaar geheel gedragen door glas, wordt feitelijk ondersteund door een groot aantal scheefstaande stalen kolommetjes.

Belangrijke inspiratiebron voor het ontwerp vormde de geometrie van vestingen en het beeld van het werk van sappeurs, de militaire grondwerkers die via zigzaggende loopgraven vestingen probeerden te naderen. Voor die complexe geometrische vormen is beton het geëigende materiaal. Het heeft een robuuste uitstraling, is tijdloos en kan alle gewenste vormen aannemen. Het adagium voor dit ontwerp is 'eenheid van materiaal en eenvoud van detail' en dat vertaalt zich ook in de constructie. Vandaar dat de gehele constructie monolithisch is uitgevoerd in schoon beton. Constructie is architectuur en tegelijk afwerking, een uitdaging voor zowel de ontwerpende als de uitvoerende partijen. Alle wanden en plafondvlakken werden stuk voor stuk 'aus einem



- 1 Het Bastionder in 's-Hertogenbosch; het is net alsof een stuk maaiveld is opgetild
foto 1 en 2: Robert Peters, Advies- en Ingenieursbureau Van de Laar B.V.
- 2 De wanden zijn uitgevoerd in schoon beton met een zanderige, gele kleur

Guss' gemaakt, zonder dilataties en zonder zichtbare stortnaden. Deze uitdaging vergde een bijzondere inspanning van bekistingstimmerlui, betonvlechters, betoncentrale en stortploeg. Cruciaal voor het bereiken van dit bijzondere resultaat waren een klein toegewijd team, een goede voorbereiding en een zorgvuldige uitvoering. Er was immers maar één kans om het schoon uit de kist te krijgen. Elke latere reparatie zou zich ongewenst aftekenen. Slechts de vloerafwerking, een okerkleurige cementgietvloer, is naderhand aangebracht.

Fundering en onderbouw

Ter plaatse van het Bastionder kunnen hoge grondwaterstanden optreden. In combinatie met de relatief diepe kelder en een relatief lage neerwaartse belasting, vroeg dit om een paalsysteem dat zowel behoorlijke trek- als drukkrachten kan weerstaan. Daarnaast was de ruimte in de bouwput zeer beperkt. Daarom is gekozen voor schroefinjectiepalen. Deze palen worden gemaakt met een kleine stelling waarmee goed door de put en rondom het rondeel was te manoeuvreren.

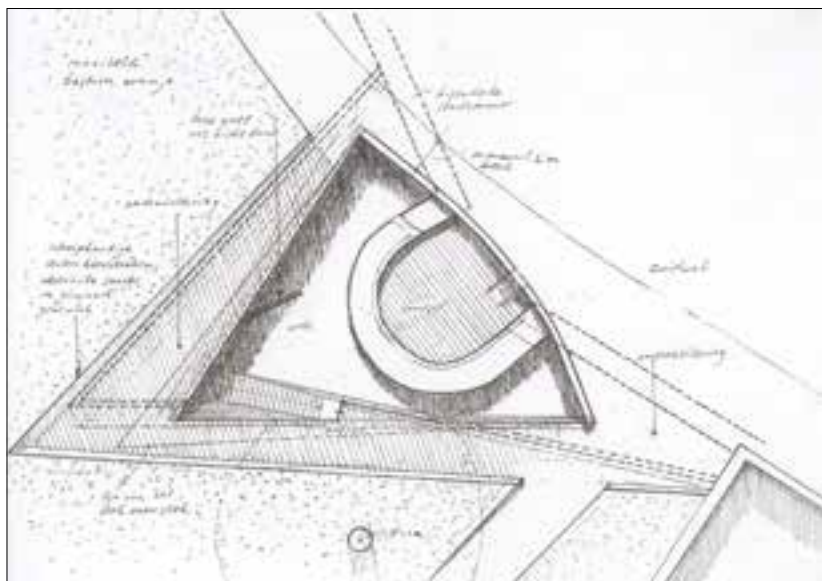
De keldervloer is ontworpen als een puntvormig ondersteunde vlakke plaatvloer. De kelderwanden zijn, afhankelijk van plaats, functie en optredende krachten, geheel schuingeplaatst met een dikte van 300 mm of eenzijdig schuingeplaatst en verlopend in dikte van 300 tot 1000 mm. Het in het werk gestorte kelderdek ligt ook schuin en varieert in dikte van 400 tot 700 mm. De reden voor deze vorm was deels visueel: op deze manier werd de viderand niet te

massief. Andere redenen waren doorzicht, daglichttoetreding en afwatering buiten (fig. 5).

Deze grote afmetingen hebben te maken met de hoge belastingen die het betonnen dak op de rand van de vide geeft. Het kelderdek is deels opgelegd op de oude stadsmuur. Door het kelderdek schuivend op te leggen, wordt de krachtswerking op de bestaande stadsmuur zo veel mogelijk in ere gelaten (fig. 6). Dit houdt in dat de stadsmuur zijn eigen stabiliteit blijft verzorgen en dat de combinatie van palen, keldervloer, -wand en -dek als grondkering aan de andere zijden fungeert.



2



3

Dak

Het driehoekige dak is geheel in het werk gestort. De dikte van het dak verloopt van 400 mm in het midden naar 120 mm aan de randen. Hierdoor krijgt het zware dak toch een lichte, elegante uitstraling. Over het midden van het dak is aan de onderzijde een scherpe 'vouwlijn' zichtbaar die de hoogste doorsnede markeert. Het dak is driezijdig opgelegd: ter plaatse van het 'scharnierpunt' van het dak op een doorgaande betonbalk ($300 \times 1500 \text{ mm}^2$) en langs de andere randen op een serie slanke, schuinstaande stalen buiskolommetjes van oplopende lengte.

De betonbalk is uitgevoerd als ligger over drie steunpunten waarvan de uiteinden dragen op het kelderdek en het middensteunpunt wordt gevormd door een enorme massieve metselwerkpoer van de bestaande stadsmuur. Althans, dat was de bedoeling (zie kader 'Dragende boomstam?').

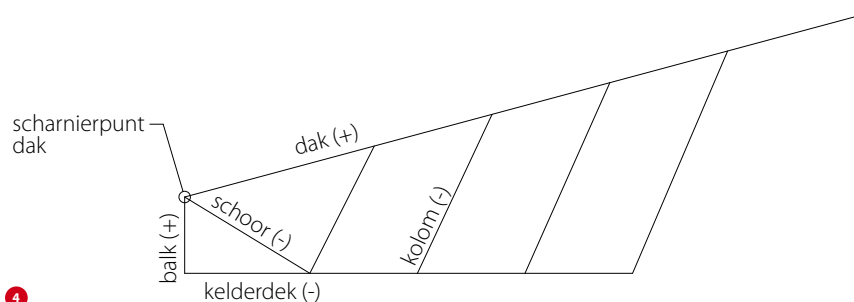
De in totaal 26 stalen kolommetjes geven door hun scheefstand een grote horizontale reactie bij het scharnierpunt van het dak (fig. 4). Omdat het scharnierpunt ongeveer 1,3 m hoger aangrijpt dan het kelderdek dat de reactie moet leveren, ontstaat hier een moment. Aan de achterzijde van de balk is wel enige ballast aanwezig, maar niet voldoende om het moment te

compenseren. De rest moet daarom worden geleverd door het kelderdek zelf. Om de krachten hier naartoe te kunnen leiden, is in beide gevels een schoor aangebracht in tegengestelde richting ten opzichte van de kolommen.

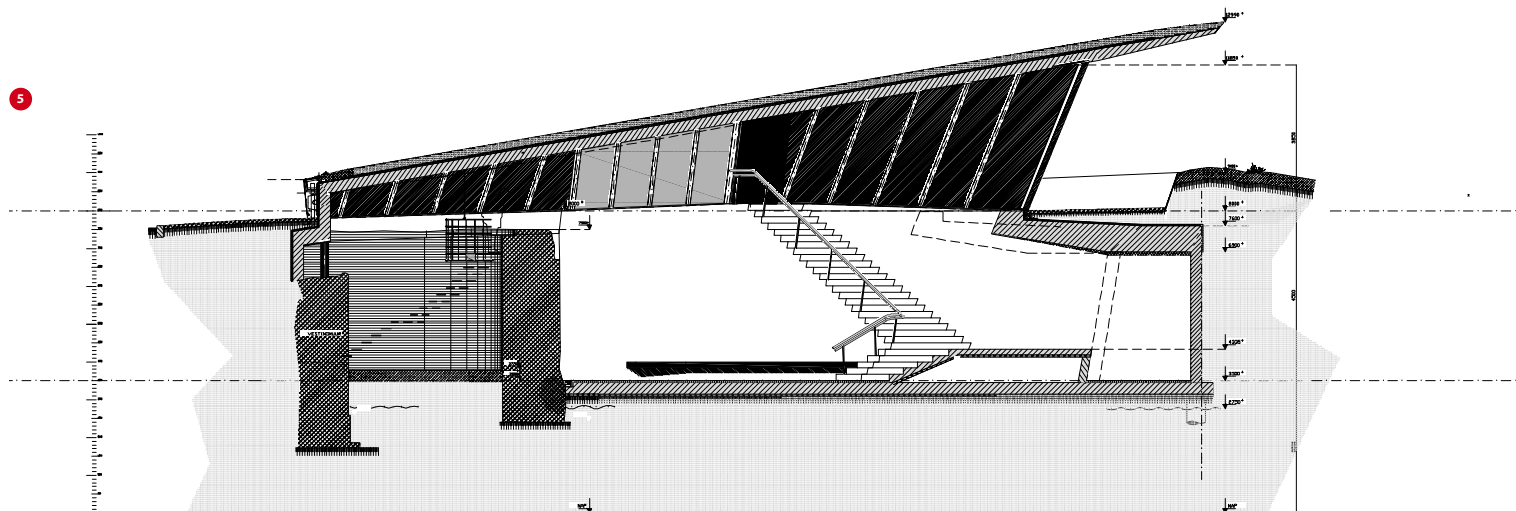
Stadsmuur

De stadsmuur dient als grond- en waterkering en in beperkte mate ook als drager van het kelderdek. De stadsmuur is bijna 1,5 m dik en is voorzien van nog zwaardere poeren. Ter plaatse van het Bastionder maakt de stadsmuur een knik. Bovendien wordt de muur ook nog gesteund door het rondeel. Dit alles maakt dat de stadsmuur de achterliggende grond kan keren. Een belangrijk aandachtspunt is de aansluiting van de betonconstructie op de stadsmuur. Bij de aansluiting van de kelderdekvloer op de stadsmuur is met name de waterdichting van belang. Na vele varianten te hebben onderzocht, zoals het maken van inkassingen en het uitvlakken en aanbrengen van dilatatievoegenbanden, is ervoor gekozen de betonvloer tegen de stadsmuur aan te storten (fig. 6). De naad tussen stadsmuur en betonvloer is voorzien van zwelbanden en ter plaatse van de aansluiting is het metselwerk geïnjecteerd. De overgang tussen betonvloer en opgaand muurwerk is uitgevoerd als een drainagegoot die aangesloten is op de pompput. Helemaal waterdicht is de muur desondanks niet. Om te voorkomen dat dit tot problemen leidt, wordt de ruimte geventileerd, maar niet verwarmd. Zoals de architect zegt 'de stadsmuur leeft zolang deze met achterliggende vochtige grond in aanraking blijft en wordt zo niet stoffig'. De muur bepaalt daarmee juist de 'grondige' atmosfeer van deze ondergrondse ruimte.

Tijdens de uitvoering manifesteerden zich veel onregelmatigheden aan de bovenzijde van de stadsmuur. Geheel onverwacht bleek op één plaats de stadsmuur over de bovenste 1,5 m volledig te ontbreken. Dit is opgelost door de betonnen oplegrand eenvoudigweg verder door te trekken naar beneden. Deze aanpassing is direct aangegrepen om de ventilatielucht die in het gebouw nodig is lager in te blazen. Dit is gedaan door bij de aansluiting tussen beton en metselwerk, bijna onzichtbaar, een brede sleuf op te nemen (foto 10).



4



Berekening

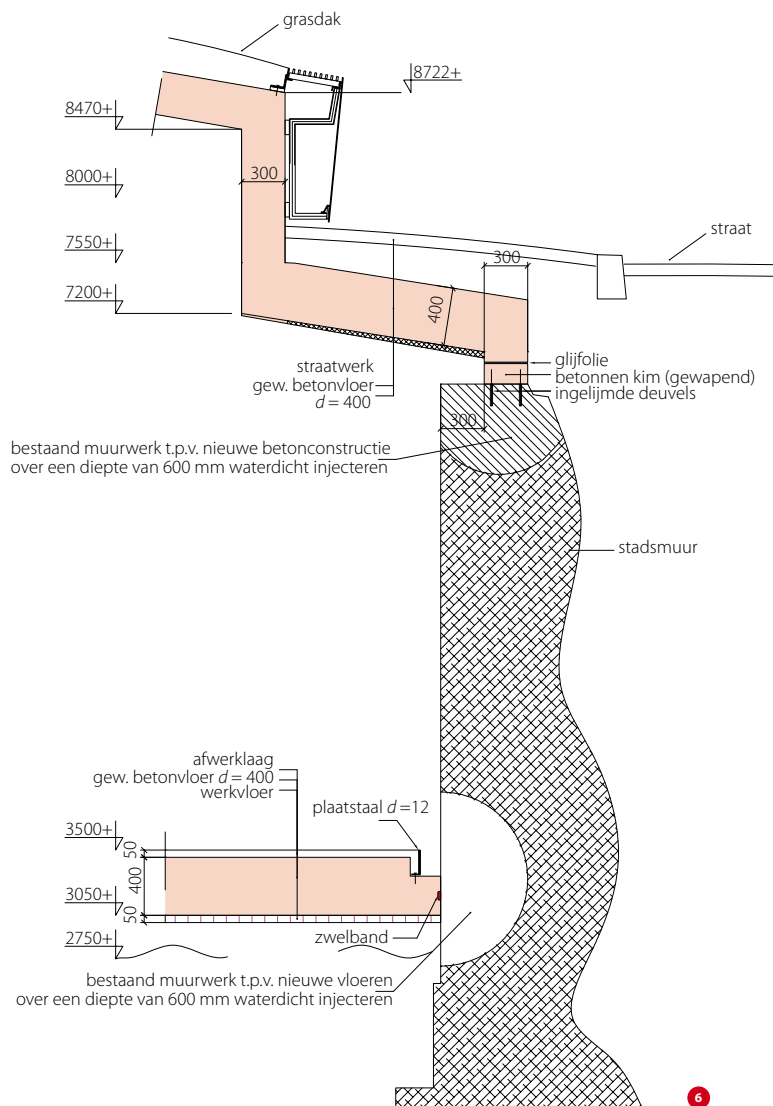
Het Bastionder is in eerste instantie gedimensioneerd en berekend door middel van handberekeningen en deelmodellen. Vervolgens zijn deze berekeningen geverifieerd aan de hand van een ROBOT eindige-elementenberekening waarmee een totaalmodel van het gehele gebouw is doorgerekend. Onverwachte uitkomsten en verschillen zijn hierbij onderzocht, onderbouwd en zo nodig gecorrigeerd. Gezien de complexiteit van de krachtswerking is ervoor gekozen de wapening te bepalen op basis van de maatgevende momenten en dwarskrachten van beide berekeningsmethoden (fig. 7).

Naast deze combinatie van berekeningsmethoden is voor de aannamen van de veerstijfheden van de palen ook een gevoeligheidsanalyse uitgevoerd. De veerstijfheid van de palen, waarbij voor druk en trek een andere veer karakteristiek is ingevoerd, is een keer met 20% verhoogd en met 20% verlaagd ten opzichte van de berekende waarden. De invloed hiervan bleek verwaarloosbaar klein in het geheel.

Voor de berekening moest rekening worden gehouden met een extreem hoge grondwaterstand tot aan het maaiveld. Bovendien is het gebouw gelegen aan een doorgaande weg, zodat moet worden gerekend op zwaar verkeer nabij het gebouw. Het hellende dak is, hoewel betreden is verboden, berekend als tribune.

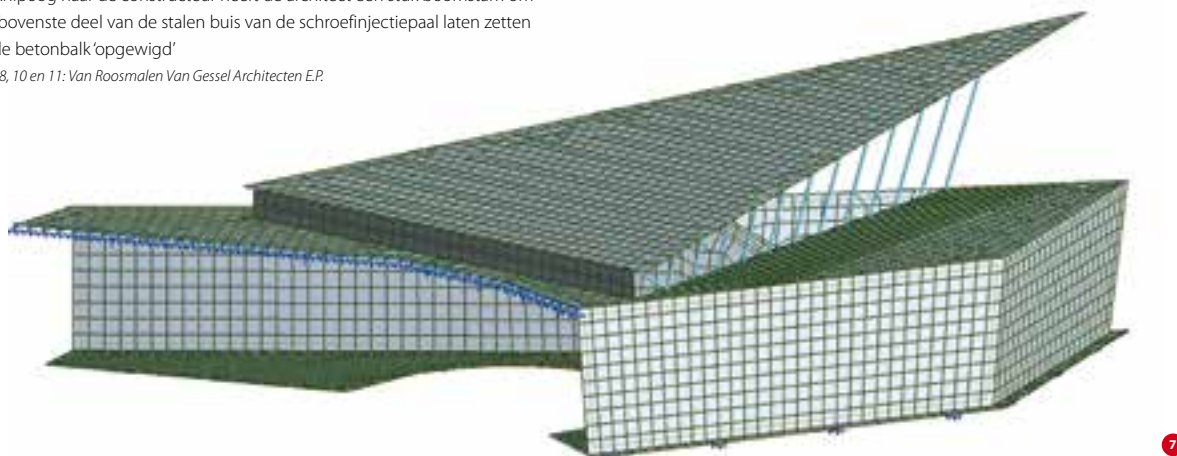
Detailering

Naast de bijzondere verschijningsvorm kenmerkt dit project zich door de uitgekende detailering met een basaal en puur karakter. Grote krachten in compacte, in het zicht blijvende details, aansluitingen van nieuw op oude, grillige constructies en een complexe geometrie. Gedurende de uitvoering is de precieze vorm nog regelmatig aangepast, als bleek dat de bestaande vrij gegraven situatie anders was dan voorzien.



- 7 Handberekeningen zijn geverifieerd aan de hand van een eindige-elementenberekening
- 8 Als knipoog naar de constructeur heeft de architect een stuk boomstam om het bovenste deel van de stalen buis van de schroefinjectiepaal laten zetten en de betonbalk 'opgewigd'

foto: 8, 10 en 11: Van Roosmalen Van Gessel Architecten E.P.



De kolommen en schoren in de zijgevels moeten op enkele plaatsen aanzienlijke krachten overdragen, tot wel 600 kN. De beschikbare ruimte voor het overdragen van deze krachten, vooral bij de viderand, is beperkt. De details bevinden zich ook nog eens op maaiveldniveau, direct naast de pui. Zij liggen in het vizier en zijn daardoor zeer beeldbepalend.

De kolommen en schoren zijn inclusief onder- en bovenstrip per gevel als één raamwerk aangeleverd en gemonteerd op de bouw. Aan de bovenzijde is het stalen raamwerk ingestort in de betonconstructie, waardoor aan de onderzijde geen stelruimte nodig was. In figuur 9 zijn de details weergegeven van de aansluiting van een kolom en schoor op de omliggende betonconstructie. Het detail van de zwaarbelaste schoor is zodanig uitgevoerd, dat het uiterlijk niet verschilt van de aansluiting van de lichter belaste kolommen. Ter plaatse van de onderaansluiting van de schoor is een staalplaat met aangelaste wapeningsstaven ingestort. De horizontaalkracht wordt door middel van deugelblokken die aan het stalen raamwerk zijn gelast, overgedragen aan de ingestorte stalen platen. De verzonken bouten, die bij de overige kolommen de daadwerkelijke bevestiging

vormen, dienen op deze plaats alleen voor praktische fixatie. Bij de bovenaansluiting van de schoor is een gebogen kopplaat voorzien die de buigstraal van de wapeningsstaven volgt, waardoor een geleidelijke krachtsinleiding van staal naar beton kan optreden.

Hout of toch beton?

Een flinke zoektocht was nodig voordat de aannemer het juiste bekistingsmateriaal had gevonden, waarmee hij vorm kon geven aan het beeld dat de architect voor ogen stond. Uit proefstukken bleek dat slechts de grofst gezaagde planken ruw genoeg waren om voldoende karakter te bereiken. Op eenzelfde wijze is proefondervindelijk ook de kleur van het beton bepaald.

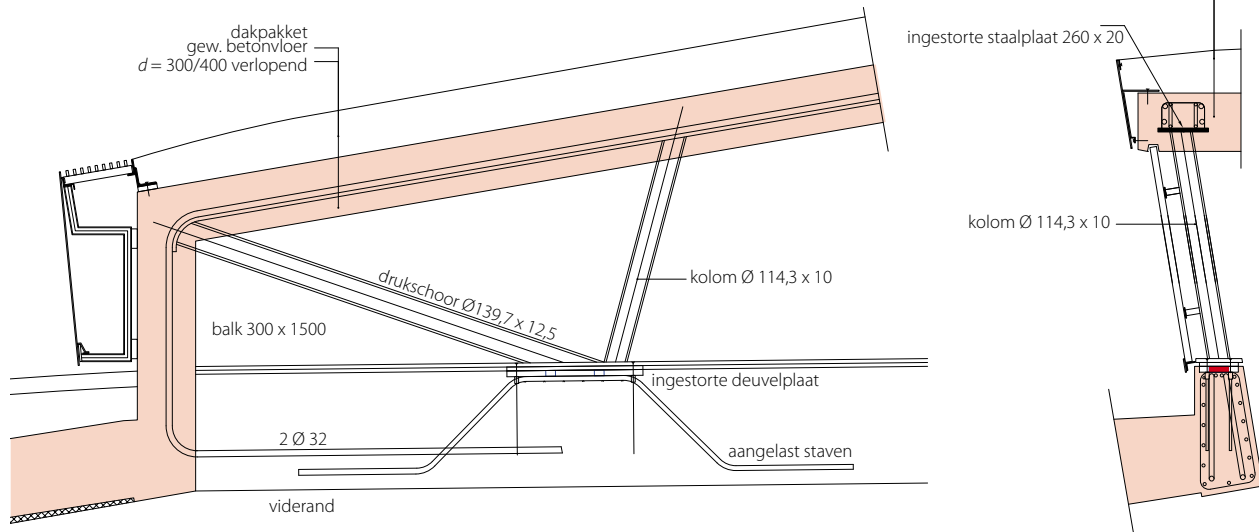
In nauw overleg tussen architect en aannemer is de plankenstructuur in het beton zeer consequent doorgezet, zelfs op de kopse kant van de wanden. De plankenbekisting is slechts eenmaal gebruikt, om te voorkomen dat door hergebruik het grove oppervlak zou dichtslibben en de structuur van de planken zich in mindere mate zou aftekenen.



Dragende boomstam?

Onderzoek gaf aan dat het metselwerk van de stadsmuur in redelijke staat verkeerde en dat de optredende drukspanning zeer beperkt was. Echter midden in een poer bleek na ontgraving een trapogang naar de oude weergang te zijn opgenomen, waardoor deze niet meer bruikbaar was als drager. Tijdens de uitvoering is besloten een schroefinjectiepaal op dit punt te plaatsen. Hiervoor moest eerst een verticale kern worden geboord uit de oude stadsmuur. Een kern van rond 400 mm met een lengte van 4 m. De kern bleek te weinig samenhang te hebben, waardoor de aannemer deze steentje voor steentje uit het geboorde gat heeft moeten hengelen. Als knipoog naar de constructeur heeft de architect een stuk boomstam om het bovenste deel van de stalen buis van de schroefinjectiepaal laten zetten en de betonbalk 'opgewigd' (foto 8).

- 9 Detail schoor
- 10 Tussen het beton en het metselwerk van de oude stadsmuur is bijna onzichtbaar een ventilatiesleuf opgenomen
- 11 De aanblik na het ontkisten van de eerste wand was verwarrend: hout of toch beton?



De aanblik na het ontkisten, waarvoor overigens een heel protocol en tijdschema was opgesteld, van de eerste wand was verwarrend: zandkleur, splinters, houtnerf en warmte. Was het hout of toch beton (foto 11)? Maar het resultaat was verbluffend: 'aibaar beton'. Menig argeloze bezoeker kan dan ook nauwelijks geloven dat het om een pure betonconstructie gaat: er steken toch voelbaar houtvezels uit?

Tot slot

Het omgaan met onverwachte situaties en daar flexibel op inspelen en deze verrassingen als kansen zien, is bepalend geweest voor het uiteindelijke resultaat. Inmiddels vormt het Bastionder, waar het vestingverleden letterlijk voelbaar en erfahrbaar is, voor veel bezoekers een belangrijk ankerpunt tijdens de stadsrondvaarten en stadswandelingen van 's-Hertogenbosch. ☒

PROJECTGEGEVENS

- project** Bastionder
- opdrachtgever** Gemeente 's-Hertogenbosch, kerngroep Vestingwerken
- architect** Van Roosmalen Van Gessel Architecten E.P.
- bouwkundige uitwerking** i.s.m. De Twee Snoeken
- adviseur constructies** Advies- en Ingenieursbureau Van de Laar B.V.
- aannemer** De Bonth Van Hulten
- adviseur installaties en bouwfysica** Nelissen Ingenieursbureau B.V.
- bouwmanagement** Ingenieursbureau 's-Hertogenbosch
- landschapsarchitect** OSLO
- bruto vloeroppervlakte** 303 m²
- bouwkosten** € 1 500 000,-
- totale stichtingskosten** € 2 000 000,-, inclusief € 250 000,- installaties, exclusief inrichting